

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-081597

(43)Date of publication of application : 21.03.2000

(51)Int.Cl.

G02F 1/03
H04B 10/152
H04B 10/142
H04B 10/04
H04B 10/06

(21)Application number : 11-205270

(71)Applicant : ALCATEL

(22)Date of filing : 19.07.1999

(72)Inventor : PENNINCKX DENIS
BRIDOUX CHRISTOPHE

(30)Priority

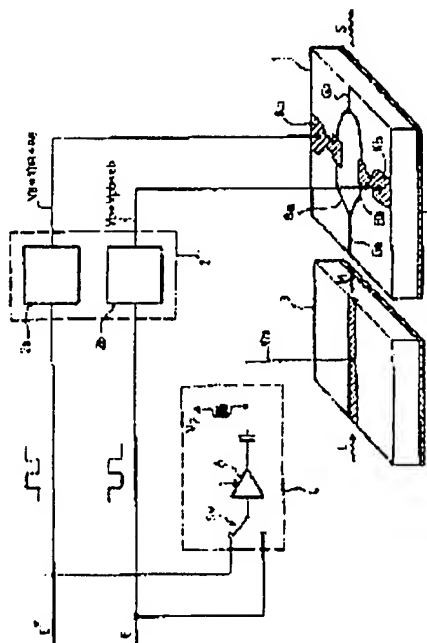
Priority number : 98 9809215 Priority date : 20.07.1998 Priority country : FR

(54) OPTICAL DATA TRANSMISSION DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a transmission device which is improved in the flexibility of use and allows simple optimization relating to a variety of optical links and respective transmission distances.

SOLUTION: This device includes first electro-optic modulators 1, 2 which are capable of supplying phase-controlled light signals S having modulation light power between a low level and a high level in response with input electric signals E and are capable of executing phase transition within respective time cells including low level power. The device includes second electro-optic modulators 3, 4 which are controlled by the input electric signals E and are coupled to the first electro-optic modulators 1, 2 in order to improve the flexibility thereof. The phase-controlled light signals are subjected to supplementary modulation of the power and/or phase in order to change an extinction ratio and/or to impart a transition 'chirp' to the signals.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-81597

(P2000-81597A)

(43) 公開日 平成12年3月21日 (2000.3.21)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
G 0 2 F 1/03	5 0 2	G 0 2 F 1/03	5 0 2
H 0 4 B 10/152		H 0 4 B 9/00	L
10/142			
10/04			
10/06			

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 9 頁)

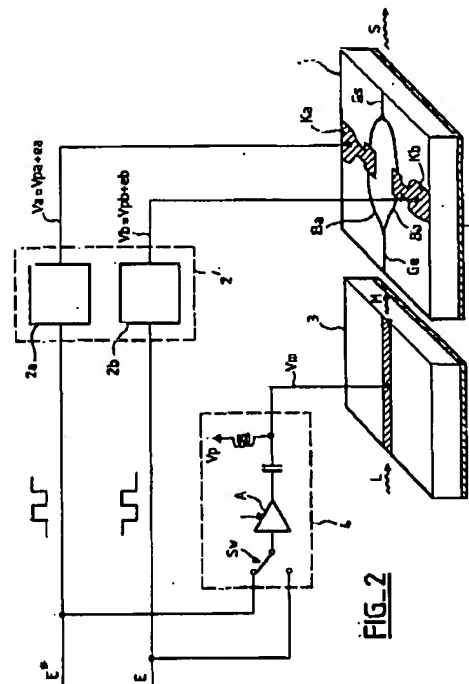
(21) 出願番号	特願平11-205270	(71) 出願人	391030332 アルカテル フランス国、75008 パリ、リュ・ラ・ボ エティ 54
(22) 出願日	平成11年7月19日 (1999.7.19)	(72) 発明者	ドユニ・ベナンクス フランス国、91620・ノザイ、リュ・バス トゥール、5
(31) 優先権主張番号	9 8 0 9 2 1 5	(72) 発明者	クリストフ・ブリドー フランス国、75013・パリ、リュ・ナシオ ナル、138
(32) 優先日	平成10年7月20日 (1998.7.20)	(74) 代理人	100062007 弁理士 川口 義雄 (外2名)
(33) 優先権主張国	フランス (F R)		

(54) 【発明の名称】 光データ送信装置

(57) 【要約】

【課題】 使用の柔軟性が向上し、各種の光リンクおよび各伝送距離について最適化が簡単に行える送信装置を提供する。

【解決手段】 本送信装置は、入力電気信号 (E) に応答して、低レベルと高レベルの間に変調光パワーを有する位相制御された光信号 (S) を供給でき、低レベルパワーを含む各時間セルの内の移相を行うことができる第1電気光学変調器 (1、2) を含む。その使用柔軟性を向上させるために、前記入力電気信号 (E) により制御され、第1電気光学変調器に光学的に結合される第2電気光学変調器 (3、4) を含み、各々、消光比を変更するためおよび/または遷移「チャープ」を付与するために、前記位相制御された光信号に、パワーおよび/または位相の補足変調が行われる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 バイナリ入力電気信号(E)に応じて変調される光搬送波(L)の形態の光信号(S)の送信装置であって、クロック速度が、入力電気信号(E)内で第1変調レベルまたは第2変調レベルの範囲を定める連続する時間セルを規定し、前記送信装置が、第1電気光学変調器(1、2)を含み、該第1電気光学変調器

(1、2)が、前記入力電気信号(E)にตอบสนองして、入力電気信号(E)の前記第1変調レベルおよび第2変調レベルに各々対応する低レベル(S0)と高レベル(S1)の間に変調された光パワーを有する位相制御された光信号を供給でき、高レベルパワー(S1)を含むセルの前または後ろにあり、低レベルパワー(S0)を含む各時間セルの内の移相($\Delta\phi$)を行うことができ、前記送信装置が、第2電気光学変調器(3、4)を含み、該第2電気光学変調器(3、4)が、前記入力電気信号(E)により制御され、第1電気光学変調器(1、2)に光学的に結合され、その結果、各々、消光比を変更するためおよび／または遷移「チャープ」を付与するために、前記位相制御された光信号に、パワーおよび／または位相の補足変調が行われることを特徴とする送信装置。

【請求項2】 前記第1電気光学変調器(1、2)が、前記位相制御された光信号に遷移「チャープ」を印加しないような変調器であることを特徴とする請求項1に記載の送信装置。

【請求項3】 前記第1電気光学変調器(1、2)が、2つの部分波を案内するために入力光ガイド(Ge)が2つの分岐(Ba、Bb)に分割され、前記2つの分岐が再結合して出力光ガイド(Gs)を形成し、前記2つの分岐(Ba、Bb)を介して各々電界を印加するために電極(Ka、Kb)が設けられる、「マッハツェンダー」型干渉計構造体(1)と、逆相の変調成分(ea、eb)間に直流成分(Vpa、Vpb)を有する制御電圧(Va、Vb)を各々、電極(Ka、Kb)に印加するための制御回路(2)であって、前記直流成分(Vpa、Vpb)が、変調成分(ea、eb)がない場合、前記部分波が弱め合うように干渉するような直流成分である制御回路とを含むことを特徴とする請求項2に記載の送信装置。

【請求項4】 前記第2電気光学変調器(3、4)が、電気吸収変調器であることを特徴とする請求項1から3のいずれか一項に記載の送信装置。

【請求項5】 前記第2電気光学変調器(3、4)が、「マッハツェンダー」型干渉計構造体変調器であることを特徴とする請求項1から3のいずれか一項に記載の送信装置。

【請求項6】 前記第2電気光学変調器(3、4)が、非ゼロ「チャープ」を印加するためにバイアスされた電気吸収変調器であることを特徴とする請求項1から3の

いずれか一項に記載の送信装置。

【請求項7】 前記第2電気光学変調器(3、4)が、非ゼロ「チャープ」を印加するためにバイアスされた「マッハツェンダー」型干渉計構造体変調器であることを特徴とする請求項1から3のいずれか一項に記載の送信装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光手段によるデジタルデータの伝送の分野に関する。より詳細には、本発明は、光ファイバを使用する長距離リンク上での高速伝送に関する。

【0002】

【従来の技術】このような伝送は、ファイバを介して光受信器に接続された光送信器を使用して行われる。送信器は、レーザ発振器からの光搬送波を使用し、通常、送信すべき情報に応じて、そのパワーを変調する。多くの場合、2つのレベル、すなわち、波の消光に相当する低レベルと最大光パワーに相当する高レベルとの間で、搬送波のパワーを変化させるNRZまたはRZ型変調を使用する。これらのレベルの変化は、伝送すべきバイナリデータに割り当てられた連続する時間セルを規定するクロック速度により課せられるタイミングにおいて起動される。慣例上、低レベルはバイナリ値の「0」を、高レベルはバイナリ値の「1」を示す。

【0003】一般的に、最大伝送距離は、変調波が光リンクを伝播した後、受信器がこれら2つのパワーレベルをエラーなく検出できる能力によって制限される。この距離を大きくするために、通常、低レベルの平均光パワーに対する高レベル平均光パワーの割合であって、変調の特性の1つである「消光比(extinction ratio)」を規定する割合を大きくする方法が試みられる。

【0004】また、所与の距離および所与の消光比の場合、情報の伝送速度は、ファイバ内に生じる波長分散により制限される。ファイバの有効屈折率が被輸送波の波長に依存することにより生じる波長分散の結果、送信パルスの幅は、ファイバに沿ってパルスが伝播するに従って増加する。

【0005】この現象は、

$$D = -(2\pi c / \lambda^2) \cdot d^2 \beta / d\omega^2$$

により伝播定数 β に応じて規定されるファイバの分散係数Dにより特徴付けられる。ここで λ および ω は各々、波長、波の角周波数である。

【0006】分散係数Dの値および符号は、ファイバの種類および伝送波長によって異なる。例えば、通常使用される「標準」と呼ばれる単モードファイバの場合、 $\lambda = 1.55 \mu\text{m}$ では、係数Dは正であり、値は $17 \text{ ps} / (\text{nm} \cdot \text{km})$ である。一方、 $\lambda = 1.30 \mu\text{m}$ では、係数Dは0である。一般的に、係数Dは使用する波

長およびファイバの種類により、正、0、または負となる。

【0007】係数Dが0ではない時の、NRZまたはRZ変調の場合のパルスの拡大現象を補償するために、パワー変調と互に関連するように、搬送波の位相 ϕ (従って周波数または角周波数)の変調を生成することが提案された。ここでは位相 ϕ は、搬送波の電界が、 $A p \cdot \exp(j\omega_0 t)$ 型の複素表現による時間 t の関数として表わされ、振幅Aの送信波Sの電界は、 $S = A \cdot \exp[j(\omega_0 t + \phi)]$ で表わされ、ここで ω_0 は搬送波の角周波数であり ϕ は送信波の位相である、という慣例に対応する。

【0008】より詳細には、波長分散の補償を得るためであって、係数Dが正である場合には、パルスの立ち上がりでは位相は減少しなければならず、立ち下がりでは増加しなければならない。その場合、変調波は負の遷移「チャープ」を有するという。反対に係数Dが負である場合には、位相の変調は逆でなければならず、遷移「チャープ」は正になる。

【0009】この変調の特徴を表わすために、 $\alpha = 2P \cdot (d\phi/dt) / (dP/dt)$ 、で規定される遷移「チャープ」のパラメータ α を導入する。ここでPは変調波のパワーであり、 ϕ はラジアンを単位とする位相である。

【0010】例えば、前出の標準ファイバであって1.55 μm に近い λ の場合、パラメータ α の値は、一定でなければならず、 α が一定であるという近似においてはほぼ-1に等しくなければならない。

【0011】別のアプローチによれば、適切な符号化を使用して、送信すべき信号のスペクトル帯の幅を減少させることが提案された。特に、電気送信の分野ではよく知られている「デュオバイナリ(duobinary)」コードを使用することが提案された。実際、このコードは、信号のスペクトルの幅を2つに分割する特性を有する。このコードの従来の規定によれば、各々0、+および-で象徴される3つのレベルを有する信号を使用する。バイナリ値0はレベル0で符号化され、バイナリ値1は、偶数個または奇数個の連続する「0」を取り囲む連続する2つの「1」のブロックを符号化するレベルが各々同一である、あるいは異なるという符号化規則により、レベル+またはレベル-で符号化される。

【0012】光伝送のためのデュオバイナリコードの使用は、「10 Gbit/s unrepeatered three-level optical transmission over 100 km of standard fibre」、X. Gu et al, ELECTRONICS LETTERS, 1993年12月9日、vol. 29, No. 25の文献において言及されている。この文献によれば、3つのレベル0、+、-は、3つのレベルの光パワーに各々対応す

る。

【0013】公開番号FR-A-2 719 175のフランス特許出願第94 04732号も、光学に適用されるデュオバイナリ符号化を記述している。この文献によれば、バイナリ値「0」は常に光パワーの低レベルに対応するが、符号+および-は各々、同じ高レベルの光パワーに対応し、180°に等しい光搬送波の移相によって異なる。

【0014】移相反転へのこの後者のデュオバイナリコードの使用は、「Optical duobinary transmission system with no receiver sensitivity degradation」、K. Yonenaga et al, ELECTRONICS LETTERS, 1995年2月16日、vol. 31, No. 4の文献においても言及されている。

【0015】実験パラメータを変化させることによるシミュレーションおよび試験の後、実際には、まず、「1」の各ブロックまたは孤立した各「1」の前または後ろにある、各「0」の内で搬送波の移相が生じるという条件であれば、改善が得られることがわかった。移相の絶対値は、およそ180°とすることができる。さらに、「0」を符号化する低レベルの平均光パワーは、波長分散の補償にとって好ましい符号間干渉を生成するために、高レベルの平均光パワー値と比較して十分な値を有さなければならない。そのことは結局、消光比は有限値をもたなければならないということになる。

【0016】前出の考察の結果、「位相制御されたプロファイルを備えたバイナリ伝送」すなわちPSBT(Phase-Shaped Binary Transmission、位相整形されたバイナリ伝送)と呼ばれる新しい光伝送方法が規定されるに至った。この方法は、97400345. 1号で出願された欧州特許出願第E-P-A-0 792 036号において特に記述されている。

【0017】従って、PSBT方法を実行するためには、論理「0」に対応するセルであって、論理「1」を含む任意のセルの前または後ろにある各セルの内部における絶対値で180°程度の移相を、搬送波に印加することが特にできる送信装置を作製することが好ましい。

【0018】しかしながら、例えば、それ自体も電気光学位相変調器に結合された電気光学出力変調器に結合されたレーザ発振器を使用する解決方法は、複雑で高コストな電子制御を必要とするという欠点を有する。

【0019】実際には、移相が、論理「0」を含む各セル内で必ず行われる点においては何ら欠点はない。この可能性により、「マッハーツェンダー」型干渉計変調器を使用するより簡単な実施形態が得られる。このような変調器は、2つの分岐に分割され再度結合して出力ガイドを形成する、入力光ガイドから成る干渉計構造体を備

える。2つの分岐を通して各々電界を印加するために、電極が設けられる。入力光ガイドが一定のパワーの搬送波を受信すると、2つの部分波が2つの分岐内を伝播し、次に出力部で干渉する。すると出力ガイドは、電極に印加される制御電圧の値によって、パワーおよび位相が異なる波を供給する。送信波の瞬間パワーが0となる瞬間に、およそ 180° の移相が発生することがある。

【0020】PSBT変調の条件を満たすためには、電気制御部は、デュオバイナリ符号化に従い、送信すべき信号に応じて、主に3レベルの振幅変調をもたなければならない。また、電気制御部は、連続する「0」のシーケンスの間、小さな振幅の保持振動も有さなければならない。従って、変調がない場合、印加電圧の直流成分が、2つの部分波の干渉を可能な限り弱め合うようになるように、電極をバイアスすることが望ましい。

【0021】変調制御信号が電極のうちの一方にのみ印加され、他方の電極は一定のバイアス電圧を受ける場合、変調器から出力される光信号は、遭遇するバイナリデータのシーケンスおよび出力の立ち上がりにいるか立ち下がりにいるかに応じて、正とも負ともなりうる非0遷移「チャープ」を有する。

【0022】この非制御遷移「チャープ」を取り除くための方法は、一方の電極に前述のような変調電圧を印加し、他方の電極に逆相変調電圧を印加する「プッシュプル」制御を行うことである。

【0023】標準ファイバでの試験は、PSBT変調により、NRZまたはRZ変調によって可能な伝送距離をはるかに上回る伝送距離が可能になることを示している。例えば、信号を10Gbit/秒の速度で240kmの距離にわたり伝送することができるが、NRZ変調ではおよそ70kmしか可能でない。

【0024】しかしながら、PSBT変調器の実施、特に前述の干渉計構造体の実施では、運用条件の如何に関わらず、常に最良の伝送品質を保証できるとは限らない。

【0025】例えば、太平洋横断長距離伝送の場合、光リンクは多数の増幅器を含む。その場合、消光比は、増幅器が発生するノイズにより、大きな劣化を受ける。従って、最適な値、すなわち、増幅器を考慮するよう十分な大きな値であるが、符号間干渉が特に波長分散によるパルスの拡大を補償するよう十分小さな値が、送信における消光比に与えられるように、この消光比を調節することができることが有益である。しかしながら、PSBT変調器の制御のレベルでは、このような調節の実施が難しい。

【0026】その符号および最適値が、特に、ファイバの分散係数D、所望する伝送距離、ならびに非線形効果（カー効果）によって異なる遷移「チャープ」を導入することにより、PSBT変調による伝送距離を増加させることができることが研究から示された。上で見たよう

に、干渉計変調器による解決方法では、所与の符号および所与の値の遷移「チャープ」を課すことは容易にはできない。

【0027】

【発明が解決しようとする課題】従って本発明は、使用の柔軟性が向上し、各種の光リンクおよび各伝送距離について最適化が簡単に行える、送信装置を提供することを目的とする。

【0028】

【課題を解決するための手段】より詳細には、本発明は、バイナリ入力電気信号に応じて変調される光搬送波の形態の光信号の送信装置であって、クロック速度が、入力電気信号内で第1変調レベルまたは第2変調レベルの範囲を定める連続する時間セルを規定し、前記送信装置が、第1電気光学変調器を含み、該第1電気光学変調器が、前記入力電気信号にตอบสนองして、入力電気信号の前記第1変調レベルおよび第2変調レベルに各々対応する、低レベルと高レベルの間に変調光パワーを有する位相制御された光信号を供給でき、高レベルパワーを含むセルの前または後ろにあり、低レベルパワーを含む各時間セルの内の移相を行うことができ、前記送信装置は、第2電気光学変調器を含み、該第2電気光学変調器は、前記入力電気信号により制御され、第1電気光学変調器に光学的に結合され、その結果、各々、消光比を変更するためおよび/または遷移「チャープ」を付与するために、前記位相制御された光信号に、パワーおよび/または位相の補足変調が行われることを特徴とする送信装置を対象とする。

【0029】送信装置の変調特性の調整を容易にするために、第1電気光学変調器は、好ましくは位相制御された光信号に遷移「チャープ」を印加しないような変調器である。

【0030】この後者の条件は、「プッシュプル」制御を有する「マッハーツェンダー」型干渉計構造体を使用することにより満たすことができる。

【0031】より詳細には、本発明に記載のこの実施形態によれば、第1電気光学変調器は、

— 2つの部分波を案内するために入力光ガイドが2つの分岐に分割され、前記2つの分岐が再結合して出力ガイドを形成し、前記2つの分岐を介して各々電界を印加するために電極が設けられる、「マッハーツェンダー」型干渉計構造体と、

— 逆相の変調成分間に直流成分を有する制御電圧を、各々電極に印加するための制御回路であって、前記直流成分が、変調成分がない場合、前記部分波が弱め合うように干渉するような直流成分である制御回路とを含む。

【0032】本発明の他の態様および利点は、図を参照する以下の記述において明らかになろう。

【0033】

【発明の実施の形態】図1の曲線は、10Gbit/秒

のPSBT変調および種々の遷移「チャープ」値について、標準ファイバ上での伝播距離 d の変化にともなう受信器の感度 s の変化を示す図である。曲線は、増幅器のないリンクについて作成されたものである。

【0034】ここでは、伝送品質の評価となる感度は、 10^{-9} に固定されたエラー率を受信部で得るための受信平均光パワー（単位は dBm ）の最小値と規定される。

【0035】各曲線は、送信された信号の光パワーレベルの各遷移に導入される、移相の値 $\Delta\phi_c$ で特徴付けられる遷移「チャープ」値に相当する。例えば、太い実線の曲線は $\Delta\phi_c = 0$ 、すなわち純PSBT変調に相当する。

【0036】特にわかることは、70km未満の距離の場合には、 $-\pi/8$ から $-\pi/4$ までの負の移相 $\Delta\phi_c$ が伝送にとって好都合であるが、240kmを超える距離の場合には、 $+\pi/8$ から $+\pi/4$ までの正の移相 $\Delta\phi_c$ が好都合であることである。

【0037】また通常のノイズレベルの場合、感度 s に、図に示すような対応をする消光比 T_{ex} を組み合わせることができる。その場合、実際には7dBの消光比で十分であることがわかる。

【0038】長距離伝送についての他の測定およびシミュレーションから、受信信号の品質への消光比の影響が明らかになった。例えば、30km毎に増幅器を具備する9000kmのリンクの場合、13dBの消光比で10Gb/sの速度が可能である。増幅器間の距離が増加し、リンクの全長が増加すると、消光比を増加しなければならない。

【0039】PSBT変調におけるこれらいくつかの実験データは、消光比を容易に調節できること、および/または所定の符号および所定の値の遷移「チャープ」を導入することの有用性を示している。

【0040】図2は、これらの調節が可能な本発明による送信装置の実施形態を示す図である。

【0041】本装置は、干渉計構造体1および第1制御電子回路2とで構成されるマッハツェンダー型第1電気光学変調器を含む。それ自体で知られているように、本干渉計構造体は、ニオブ酸リチウム LiNbO_3 の基板上に作製することができる。また、同じ構成であるが、リン酸インジウム InP などのIII-V元素基板上に作製される構造体を使用することも可能である。構造体1は、2つの分岐Ba、Bbに分割される入力ガイドGeを含み、これら分岐は次に再び結合して出力ガイドGsを形成する。分岐Ba、Bb上に各々設置される電極Ka、Kbは、制御回路2から電圧Va、Vbを受け取るためのものである。構造体1の下面に設置される第3電極はアースに接続される。

【0042】入力ガイドGeは、光電子部品3と、これを制御するための第2電子回路4とで構成される第2電

気光学変調器に結合される。

【0043】第2変調器の部品3は、図示しないレーザ発振器から送出される連続波Lを受信し、構造体1に変調波Mを供給し、該構造体は、その出力ガイドGsから出力光信号Sを送出する。

【0044】制御回路2および4は、入力電気信号Eおよびその補信号E*を受信する。

【0045】回路4は、増幅器Aの入力部に信号Eまたはその補信号E*を選択的に印加するためのスイッチSWを含む。増幅器に続いて、信号Eまたは信号E*の変調を再生する変調成分を有する制御電圧Vmを部品3の電極に印加するよう、カプラがある。カプラにより、部品3のバイアスを規定する直流成分Vpを制御電圧Vmに印加することも可能である。

【0046】遷移「チャープ」しか導入しない場合には、部品3を、知られている種類の位相変調器にすることができる。その構造体は、例えば干渉計構造体1の分岐のうちの1つの構造体と同一である。遷移「チャープ」の符号は、スイッチSWの位置により決められるが、その値は、増幅器Aの利得の調整により制御電圧Vmの変調の振幅を調節することにより選択することができる。

【0047】消光比の調節を所望する場合には、部品3は、電気吸収(electro-absorption)変調器、または構造体1と同様のマッハツェンダー型干渉計構造体変調器などの光パワー変調器となる。その場合、消光比を調整することができるが、電気吸収変調器のバイアスを利用するか、マッハツェンダー構造体の分岐のうちの1つだけの電圧を変調することにより、遷移「チャープ」を導入することもできる。

【0048】純粹、すなわち遷移「チャープ」を印加することのないPSBT変調を実現するために、第1電気光学変調器1、2が設けられる。従って、「プッシュプル」制御を実施することが適当であり、そのためには、制御回路2は、位相が反対の変調成分ea、eb間に直流成分Vpa、Vpbを有する制御電圧Va、Vbを、各々電極Ka、Kbに印加しなければならない。さらに、これらの直流成分Vpa、Vpbは、変調成分ea、ebがない場合、分岐Ba、Bbから出る部分波が、出力ガイドGsのレベルで弱め合うように干渉するような成分である。

【0049】このような状態において、第1変調器は、変調成分ea、ebに応じた信号Sの光パワーPsと移相 $\Delta\phi$ (2π モジュロ)を各々表わす図3および図4の機能特性を有する。

【0050】一実施形態によれば、制御電子回路2は、各々、バイナリ入力電気信号E、その補信号E*を受信する同一な2つのモジュール2b、2aで構成される。

【0051】回路2aの詳細図を図5に示す。この回路は、入力部が各々、E*と、入力信号のビット時間Tの

間隔だけ遅延したゲートの出力部Xの信号とを受信する、排他的論理和ゲート5から成る前置符号器を含む。アナログ加算器6は、信号X、および、 αT の値だけ遅延したこの信号を受信する。ここで α は1よりも若干少ない。加算器6は、出力がカプラ8に供給される低域通過フィルタ7に信号Yを供給する。カプラ8は、フィルタからの信号の交流成分をバイアス電圧 V_{pa} に重畳させ、電極Kaに印加される制御電圧 V_a を形成する。このようにして電圧 V_{pa} は、制御電圧 V_a の直流成分となる。

【0052】次に、図6のタイミング図(a)～(f)を使用して、図5の回路の動作を説明する。タイミング図(a)は、NRZ型入力電気信号Eの例を示す図である。タイミング図(b)および(c)は各々、Eの補信号 E^* 、前置符号器からの信号X(t)を示す図である。タイミング図(d)は、 $T: X(t-T)$ および $\alpha T: X(t-\alpha T)$ だけ遅延したこの信号Xを示す図である。信号Yはタイミング図(e)に示され、制御電圧 V_a の変調成分 e_a はタイミング図(f)に示される。Tより少ない遅延 αT は、振動を信号 e_a の「0」のシーケンス内に維持することを目的とし、これはPSBT変調にとって必須であることに留意されたい。

【0053】回路2bは、回路2aと同一であるが、Eを受信するものであり、変調成分 e_b が e_a に対し逆位相である制御電圧 V_b を送出する。

【0054】純PSBT変調の場合にはそうであるが、波Mが変調されないとしたら、出力光信号Sは、タイミング図(g)および(h)に示されるパワー P_s および位相 $\Delta\phi = \Delta\phi_0$ の変化を示すだろう。光パワーは、各々入力信号Eの2つの変調レベルに対応する低レベル S_0 と高レベル S_1 との間で変調されることに留意できよう。また、パワー S_0 の低レベルを含み、特に、パワー S_1 の高レベルを含むセルに先行するまたはそれに続く各時間セル(ビット時間間隔T)の内部で、ほぼ180°の移相が生じる。

【0055】次に、図7のタイミング図(a)～(f)を使用して、第2変調器3、4の効果を説明する。タイミング図(a)は、部品3の制御電圧の絶対値変調を示し、従って、信号Eまたはその補信号 E^* の変調を再現している。

【0056】第2変調器が光パワー変調器である場合には、波Mは変調されたパワーを有し、タイミング図(b)に示すように純PSBT変調に対し消光比が向上

するような、低レベル S'_0 と高レベル S'_1 の間でパワー P_s が変調される信号Sが得られるだろう。他方、位相 $\Delta\phi$ は無変化のままである(タイミング図(c))。

【0057】第2変調器が位相変調器である場合には、波Mは、タイミング図(d)に各々実線、点線で示す正または負のチャープ α に対応する変調された位相 $\Delta\phi_c$ を有する。その場合、信号Sの位相 $\Delta\phi$ は、各々タイミング図(e)および(f)に示す変化を示す。

【図面の簡単な説明】

【図1】種々の遷移チャープ値について、伝播距離の変化にともなう受信器の感度の変化を示す図である。

【図2】本発明による送信装置を示す図である。

【図3】マッハーツェンダー型干渉計構造変調器の特性曲線を示す図である。

【図4】マッハーツェンダー型干渉計構造変調器の特性曲線を示す図である。

【図5】干渉計変調器の制御回路を示す図である。

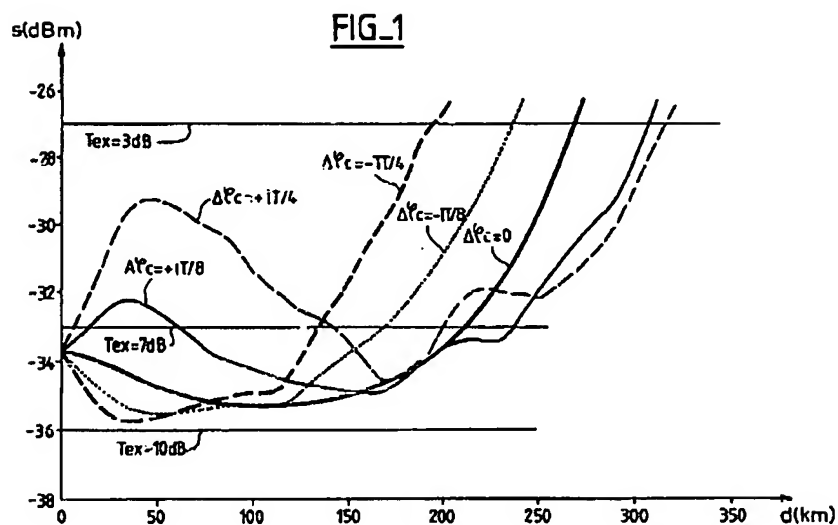
【図6】本発明による送信装置の動作を説明するためのタイミング図である。

【図7】本発明による送信装置の動作を説明するためのタイミング図である。

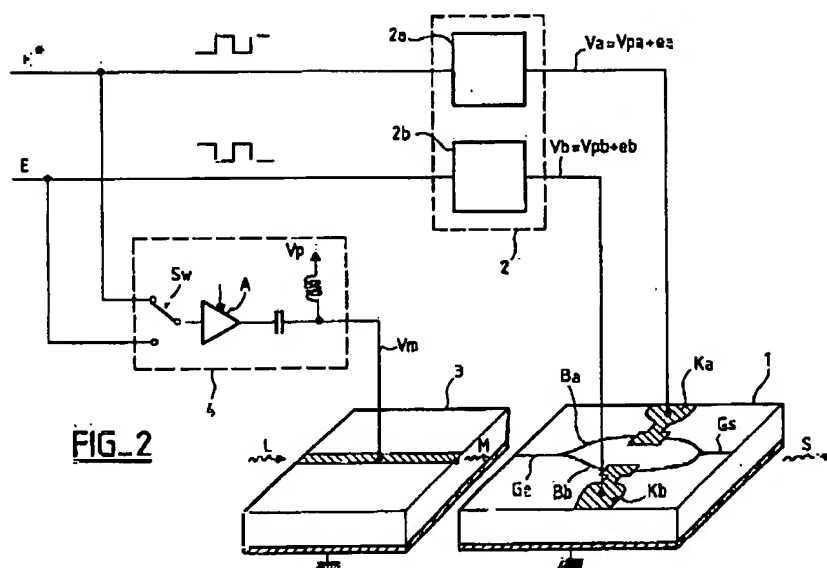
【符号の説明】

- 1、2 第1電気光学変調器
- 2a、2b モジュール
- 3、4 第2電気光学変調器
- 5 排他的論理和ゲート
- 6 アナログ加算器
- 7 低域通過フィルタ
- 8 カプラ
- A 増幅器
- Ba、Bb 分岐
- E 入力電気信号
- E^* 入力電気信号の補信号
- e_a 、 e_b 変調成分
- Ge 入力光ガイド
- Gs 出力光ガイド
- L 連続波
- SW スイッチ
- V_a 、 V_b 、 V_m 制御電圧
- V_{pa} 、 V_{pb} 直流成分
- $\Delta\phi$ 移相

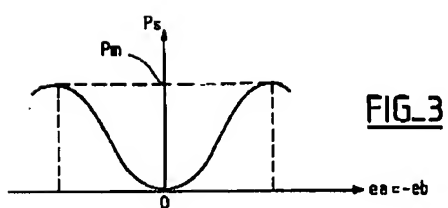
【図1】



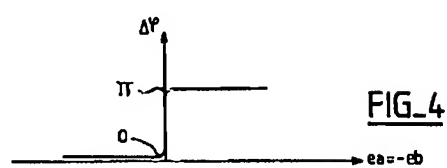
【図2】



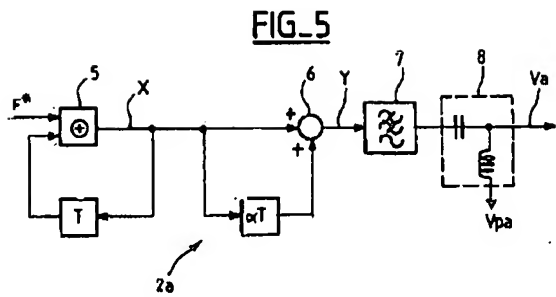
【図3】



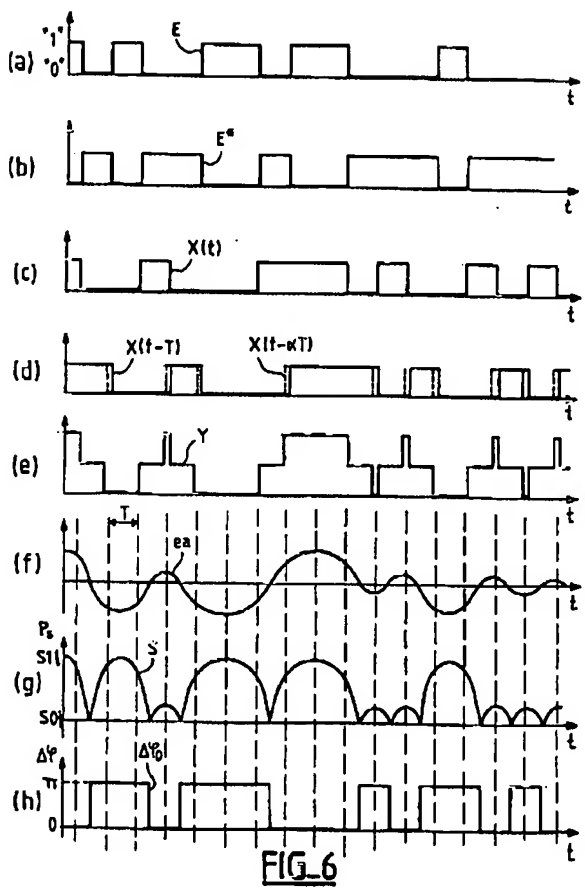
【図4】



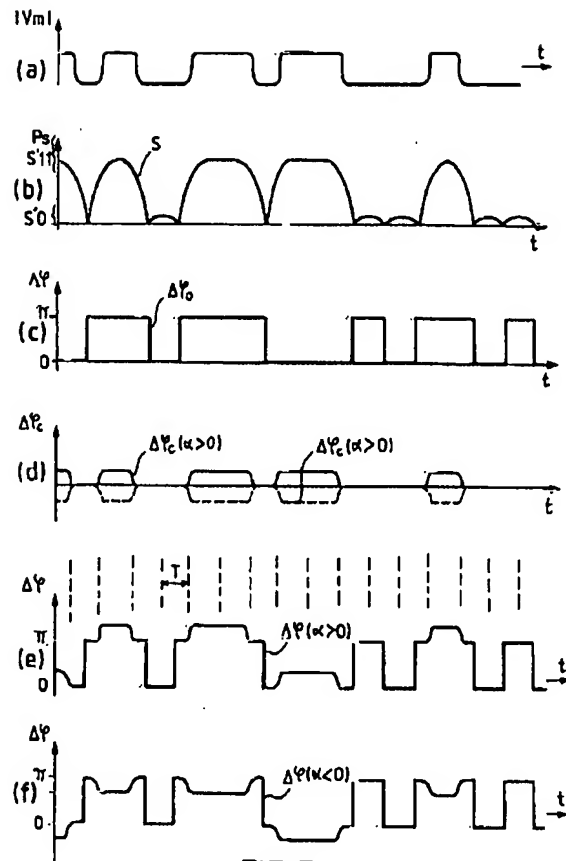
【図5】



【図6】



【図7】



FIG_7